

PENGARUH SUBSTITUSI *FLY ASH* PADA BAHAN PENGIKAT CAMPURAN *PAVING BLOCK* DITINJAU DARI KUAT TEKAN, KEAUSAN DAN PENYERAPAN AIR

Sandhy Rheza Pratama

Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

sandhyrheza214@gmail.com

Abstrak

Pemanfaatan limbah industri sering digalakkan untuk upaya pengendalian dampak terhadap lingkungan dan upaya pengelolaan lingkungan. Material *fly ash* yang berasal dari sisa pembakaran batu bara dan merupakan limbah industri. Penggunaan *fly ash* sering kali digunakan sebagai substitusi semen karena bersifat *pozzolan* (bahan yang mengandung senyawa silika dan alumina). Penggunaan substitusi *fly ash* dalam pembuatan *paving block* ditujukan untuk mereduksi kadar volume bahan pengikat. Pada penelitian ini substitusi *fly ash* 0%, 5%, 10%, 15% 20% dan 25% terhadap bahan pengikat. Dengan adanya substitusi *fly ash* dapat berpengaruh pada kuat tekan, keausan dan penyerapan air *paving block*. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat pengaruh pada *paving block* dengan menggunakan substitusi *fly ash*. Pada komposisi 3 penggunaan 10% substitusi *fly ash* memiliki nilai kuat tekan tertinggi yaitu 19,69 Mpa dibandingkan dengan komposisi yang lain. Sedangkan penyerapan air terendah pada komposisi 3 yaitu sebesar 4,20 % dan keausan 0,124 mm/menit dalam penelitian ini.

Kata kunci : *Fly ash*, Keausan, Kuat tekan, *Paving block*, Penyerapan air, .

Abstract

The use of industrial waste is often encouraged for efforts to control the impact on the environment and environmental management efforts. Fly ash material derived from residual coal combustion and industrial waste. The use of fly ash is often used as cement substitution because it is pozzolanic (a material containing silica and alumina compounds). The use of fly ash substitution in the manufacture of paving blocks is intended to reduce the volume content of the binder. In this study the substitution of fly ash was 0%, 5%, 10%, 15% 20% and 25% for the binder. With the substitution of fly ash can affect the compressive strength, wear and absorption of paving block water. The results of this study that there is an influence on paving blocks using fly ash substitution. In composition 3 the use of 10% substitution of fly ash has the highest compressive strength of 19.69 Mpa compared to other compositions. While the lowest water absorption in composition 3 is 4.20% and wear is 0.124 mm / minute in this study.

Keywords: *fly ash*, compressive strength, paving block, water absorption, wear

PENDAHULUAN

Pemanfaatan limbah industri sering digalakkan untuk upaya pengendalian dampak terhadap lingkungan dan upaya pengelolaan lingkungan. Pemanfaatan limbah industri adalah upaya dalam rangka mewujudkan pembangunan berkelanjutan berwawasan lingkungan (*sustainable development*) dengan beberapa prinsip yaitu; *reuse*, *reduce*, *recycling* dan *recovery*. Prinsip-prinsip tersebut disamping ramah lingkungan juga dapat memberikan keuntungan bagi perusahaan dengan menekan biaya pengelolaan limbah hasil produksi yang

mengandung senyawa silika dan alumina). Dalam pengujian *XRF* pada limbah *fly ash* terdapat kandungan 17% silica, 6,9% aluminium dan 25% kalsium. Penggunaan *fly ash* dalam pembuatan *paving block* ditujukan untuk mereduksi kadar volume bahan pengikat.

Jika dibandingkan dengan campuran kontrol tanpa *fly ash*, kuat tekan dan kuat lentur dari desain yang menggunakan *fly ash* pada umur 7 hari dan 28 hari mengalami sedikit penurunan dan sedikit meningkat pada umur 90 hari (Natch, 2014).

batu bara dan merupakan limbah industri, sampai saat ini masih belum ditemukan penggunaan yang tepat, sedangkan produksi limbah batu bara ini semakin meningkat dari tahun ke tahun jauh melebihi dari permintaan pasar (Safitri, 2009).

Harga jual dari material *fly ash* ini sangatlah murah sehingga material *fly ash* memiliki potensi untuk dibuat bahan bangunan dengan mutu yang baik namun biaya produksinya relatif murah (Safitri, 2009).

Penggunaan *fly ash* sering kali digunakan sebagai substitusi semen karena bersifat *pozzolan* (bahan yang

ah yang berasal dari
aten Tulungagung
merupakan salah satu kabupaten penghasil marmer terbesar. (Herman, 2005).

Limbah marmer memiliki kandungan yang terbesar berupa kalsium. Dalam pengujian *XRF* pada limbah marmer didapatkan hasil kandungan dari limbah marmer sebanyak 98% kalsium. Masyarakat sekitar memanfaatkan limbah marmer untuk dijadikan dolosit (tepung kapur) atau dihaluskan sebagai campuran bahan bangunan untuk pemasangan batu bata dan plesteran.

Kualitas bahan *paving block* yang menggunakan campuran limbah bubuk marmer dengan hasil uji kuat

tekan (pengujian laboratorium), menunjukan peningkatan kekuatan yang lebih besar (159,43 kg/cm²) dibandingkan *paving block* biasa (156,23 kg/cm²) dengan menggunakan limbah marmer 20% sebagai substitusi semen (Sriutami, 2010).

Dalam penelitian ini, peneliti akan melakukan eksperimen tentang “Pengaruh Substitusi *Fly Ash* Terhadap Bahan Pengikat Pada Campuran *Paving Block* Terhadap Kuat Tekan, Keausan Dan Penyerapan Air”. Berdasarkan penelitian terdahulu, dengan adanya penggunaan substitusi *fly ash* akan meningkatkan kualitas mutu *paving block*.

KAJIAN PUSTAKA

Paving block

Standart Nasional Indonesia 03-0691-1996 menyatakan bahwa Bata Beton (*Paving block*) adalah suatu komposisi bahan bangunan yang dibuat dari campuran semen *portland* atau bahan perekat hidrolis sejenisnya, air dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya yang tidak mengurangi mutu bata beton itu.

Paving block sebagai perkerasan yang berwawasan lingkungan, antara lain tidak menimbulkan kebisingan dan gangguan debu pada saat pengerjaannya serta dapat berfungsi sebagai media peresapan air disaat terjadi genangan. Media peresapan ini sangat cocok digunakan pada daerah pertamanan, ataupun trotoar (Ferriyal, 2005).

Paving block memiliki bentuk segiempat ataupun segibanyak dapat pula berwarna seperti aslinya ataupun diberikan zat pewarna dalam komposisi pembuatan. *Paving block* ini sendiri berfungsi untuk lantai yang banyak digunakan di luar bangunan serta tidak boleh retak-retak dan cacat.

Klasifikasi bata beton (*paving block*) menurut SNI 03-0691-1996, dibagi sebagai berikut :

1. Bata beton mutu A : digunakan untuk jalan
2. Bata beton mutu B : digunakan untuk pelataran parkir
3. Bata beton mutu C : digunakan untuk pejalan kaki
4. Bata beton mutu D : digunakan untuk taman dan penggunaan lari

Sedangkan syarat mutu pada *paving block* menurut SNI 03-0691-1996 sebagai berikut :

1. Sifat tampak
Bata beton(*paving block*) harus mempunyai permukaan yang rata, tidak terdapat retak-retak dan cacat, bagian sudut dan rusuknya tidak mudah direpihkan dengan kekuatan jari.
2. Ukuran
Bata beton(*paving block*) harus mempunyai ukuran tebal nominal minimum 60 mm dengan toleransi +8%.
3. Sifat Fisika
Bata beton harus mempunyai sifat-sifat fisika seperti pada tabel berikut :

Tabel 1.Sifat-Sifat Fisika

Mutu	Kuat tekan (Mpa)		Ketahanan aus (mm/menit)		Penyerapan air Rata-rata maks.
	Rata-rata	Min.	Rata-rata	Min	(%)
A	40	35	0,090	0,103	3
B	20	17,0	0,130	0,149	6
C	15	12,5	0,160	0,184	8
D	10	8,5	0,219	0,251	10

Sumber : SNI Bata Beton (*Paving Block*) (1996:1)

Limbah Marmer

Indonesia yang banyak diminati oleh masyarakat dalam dan luar negeri. Marmer sendiri berasal dari batu gamping atau *dolomite*. Marmer atau batu pualam merupakan batuan hasil proses metamorfosa atau malihan dari batu gamping.

Marmer atau batu pualam merupakan batuan hasil proses metamorfosa atau malihan dari batu gamping yang mengandung karbonat. Pengaruh suhu dan tekanan yang dihasilkan oleh gaya endogen menyebabkan terhadid rekristalisasi pada batuan tersebut membentuk berbagai foliasi maupun non foliasi (Ferriyal, 2005).

Pada daerah pertambangan batu marmer akan dilakukan pemotongan dengan alat-alat berat akan menjadi bongkahan-bongkahan batu marmer. Bongkahan batu marmer memiliki ukuran yang variatif dari 3m x 3m, 2m x 3m, 1m x 2m, 1m x 1m dst tergantung dari pola marmer yang terlihat. Bongkahan batu marmer dimasukan dalam ruangan pemotongan. Bongkahan batu marmer ini yang nantinya akan dilakukan proses *cutting* di dalam pabrik.



Gambar 1. Bongkahan Batu Marmer
Sumber : PT. IMITS (2017)

Bongkahan batu marmer dalam prosesnya menggunakan pisau besar untuk proses *cutting* yang nantinya menjadi lembaran-lembaran batu marmer. Proses *cutting* dialiri dengan air agar mengurangi panas akibat gesekan antara mata pisau dengan batu marmer. Serpihan-serpihan batu marmer akibat dari gesekan tersebut akan terbawa aliran air. Aliran air tersebut akan ditampung dalam kolam penampungan yang terletak di sebelah pabrik. Kolam penampungan kurang lebih berukuran 10mx20m dengan kedalaman 1,5m. Aliran air yang membawa serbuk-serbuk marmer lama-lama akan menjadi endapan limbah marmer dan airnya akan mengalir ke penyulingan untuk digunakan kembali dalam proses *cutting*.

Limbah marmer yang digunakan berasal dari Kabupaten Tulungagung. Secara fisika serbuk marmer

berwarna putih terang dan mempunyai berat jenis 2,79. Serbuk marmer mempunyai ukuran butir yang halus dengan 100,00% butirannya lolos ayakan Nomor 200 berdiameter 0,08 mm (Handayani, 2014).

Limbah marmer yang didapatkan dari sisa industri di Tulungagung berupa berupa endapan serbuk marmer. Limbah endapan tersebut dikeringkan terlebih dahulu untuk menghilangkan kadar air. Selanjutnya dihaluskan secara manual atau dengan menggunakan alat *Ball Mill* atau alat seleb dan dilakukan pengayakan no.100. Dalam penelitian ini limbah marmer yang dipakai sebagai bahan substitusi semen.

Fly ash

Fly ash adalah limbah hasil pembakaran batu bara pada tungku Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) yang berbentuk halus, bundar dan bersifat pozzolanik (SNI 03-6414-2002). *Fly ash* memiliki sifat pozzolan dengan kandungan silikat dan aluminat yang tinggi sehingga dapat bereaksi dengan air dan kapur padam dan dapat berubah menjadi massa padat yang tidak larut dalam air.

Fly ash sendiri tidak memiliki kemampuan mengikat seperti halnya semen. Tetapi dengan kehadiran air dan ukuran partikelnya yang halus, oksida silika yang dikandung oleh abu terbang akan bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida yang terbentuk dari proses hidrasi semen dan menghasilkan zat yang memiliki kemampuan mengikat (Hardjito, 2004).

Klasifikasi *fly ash* menurut ASTM C 618-96 yaitu:

1. Kelas C
 - a. *Fly ash* yang mengandung CaO lebih dari 10%, dihasilkan dari pembakaran lignite atau sub bitumen batubara.
 - b. Kadar ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$) > 50%
2. Kelas F
 - 1) *Fly ash* yang mengandung CaO kurang dari 10%, dihasilkan dari pembakaran anthracite atau bitumen batubara.
 - 2) Kadar ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$) > 70%
3. Kelas N

Pozzolan alam atau hasil pembakaran yang dapat digolongkan antara lain tanah diatomic, opaline chert dan shales, tuff dan abu vulkanik, dapat diproses melalui pembakaran atau tidak. Selain itu juga berbagai hasil pembakaran yang mempunyai sifat pozzolan yang terbaik.

Dalam penelitian ini *fly ash* yang digunakan berasal dari limbah industri PT. Wilmar Nabati di daerah Gresik. Selanjutnya *fly ash* tersebut dilakukan uji *XRF* untuk mengetahui unsur-unsur apa saja yang terkandung pada bahan tersebut. Uji *XRF* dilakukan di Laboratorium Sentral Mineral dan Material FMIPA UM. Berikut tabel hasil uji *XRF* :

Tabel 2. Hasil Uji *XRF* Fly Ash

No	Unsur	Presentase
1.	Aluminium (Al)	6,90 %
2.	Silica (Si)	17,2 %
3.	Sulfur (S)	0,40 %
4.	Kalium (K)	1,76 %
5.	Calcium (Ca)	24,9 %
6.	Titanium (Ti)	2,08 %
7.	Vanadium (V)	0,10 %
8.	Kromium (Cr)	0,11 %
9.	Mangan (Mn)	0,36 %
10.	Ferrum (Fe)	38,9 %
11.	Nikel (Ni)	0,71 %
12.	Cuprum (Cu)	0,18 %
13.	Stronsium (Sr)	1,00 %
14.	Molibdenum (Mo)	4,50 %
15.	Rhenium (Re)	0,45 %
16.	Europium (Eu)	0,40 %

Sumber : Hasil Uji Lab UM, 2017

an *fly ash* kelas C berdasarkan klasifikasi menurut ASTM C 618-96 karena kandungan Ca lebih dari 10%.

Semen

Semen *portland* menurut SNI 15-2049-2004 adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen *portland* terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk Kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain.

Semen *portland* berfungsi sebagai perekat antara butiran-butiran agregat dan juga mengisi rongga-rongga antara butiran-butiran agregat agar terjadi suatu massa yang padat. Semen *portland* memerlukan air untuk berlangsungnya reaksi kimia pada proses hidrasi sehingga semen mengeras bersama dengan butiran-butiran agregat sehingga membentuk massa yang padat.

Bahan dasar pembentuk semen *portland* terdiri dari kapur, silika, alumina dan oksida besi. Oksida tersebut bereaksi membentuk suatu produk yang terbentuk akibat peleburan. Unsur- unsur pembentuk semen dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3. Susunan Unsur Semen *portland*

Oksida	Persen (%)
Kapur (CaO)	60 – 65
Silika (SiO ₂)	17 – 25
Alumina (Al ₂ O ₃)	3 – 8
Besi (Fe ₂ O ₃)	0,5 – 6
Magnesium (MgO)	0,5 – 4
Sulfur (SO ₃)	1 – 2
Soda potash (Na ₂ O+K ₂ O)	0,5 – 1

Sumber : Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar, Nawy, 1998

Standart Nasional Indonesia 15-7064-2004 menyatakan bahwa Semen *Portland* Komposit adalah bahan pengikat hidrolis hasil penggilingan bersama-sama terak semen *portland* dan gips dengan satu atau lebih bahan anorganik, atau hasil

pencampuran antara bubuk semen *portland* dengan bubuk bahan anorganik lain. Bahan anorganik tersebut antara lain terak tanur tinggi (blast furnace slag), pozolan, senyawa silikat, batu kapur, dengan kadar total bahan anorganik 6%-35% dari massa semen *portland* komposit.

Metode

Metode yang digunakan dalam penelitian adalah metode eksperimen, yaitu metode yang dilakukan dengan mengadakan suatu percobaan langsung untuk mendapatkan data atau hasil yang menghubungkan antara variabel-variabel yang diselidiki. Metode eksperimen dapat dilakukan di dalam maupun di luar laboratorium. Penelitian ini dilaksanakan mulai semester genap – selesai, adapun tempat penelitian diantara lain :

1. Home industry paving sebagai tempat pembuatan benda uji *paving block*.
2. Laboratorium Beton, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya sebagai tempat pengujian material dan pengujian benda uji *paving block*.

Alat dan Bahan

Alat-alat yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Roskam dan Cangkul
- b. Ayakan dan Mesin Ayakan
- c. Timbangan
- d. Gelas Ukur
- e. Meteran
- f. Oven
- g. Mixer
- h. Mesin Pencetak *Paving Block*
- i. Compression Machine

Bahan Penelitian yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Semen
- b. Limbah Marmer
- c. *Fly Ash*
- d. Pasir
- e. Air

Variabel Penelitian

Variabel-variabel yang akan digunakan pada penelitian ini sebagai :

1. Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang mempengaruhi atau yang menjadi sebab perubahannya atau timbulnya variabel dependen (terikat) (Sugiyono, 2010). Variabel bebas dalam penelitian ini adalah prosentasi substitusi *fly ash* sebesar 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25% dari volume total bahan pengikat.

- a. 1 Bahan Pengikat : 3 Pasir
- b. 0,95 Bahan Pengikat : 0,05 *Fly Ash* : 3 Pasir
- c. 0,90 Bahan Pengikat : 0,05 *Fly Ash* : 3 Pasir

- d. 0,85 Bahan Pengikat : 0,15 *Fly Ash* : 3 Pasir
- e. 0,80 Bahan Pengikat : 0,20 *Fly Ash* : 3 Pasir
- f. 0,85 Bahan Pengikat : 0,25 *Fly Ash* : 3 Pasir

2. Variabel Kontrol

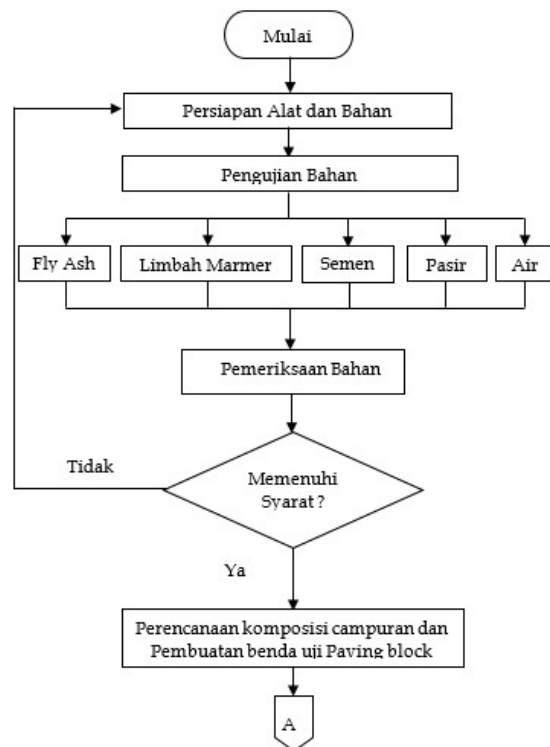
Variabel kontrol adalah variabel yang dikendalikan / dibuat konstan sehingga hubungan variabel independen (bebas) terhadap dependen (terikat) tidak dipengaruhi oleh faktor luar yang tidak diteliti (Sugiyono, 2010). Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah :

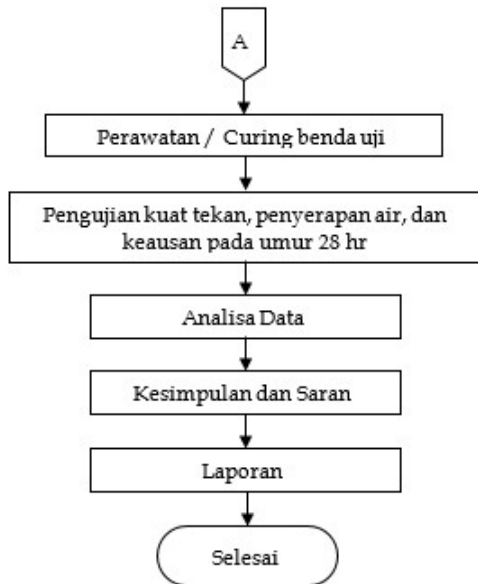
- a. Jenis semen yang digunakan PPC Semen Gresik type 1.
- b. Limbah Marmer dan *fly ash* yang digunakan lolos ayakan 100.
- c. Bahan pengikat yang digunakan campuran semen 85 % dan limbah marmer 15%.
- d. Faktor Air Semen 15% dari total bahan pengikat.
- e. Pasir yang digunakan pasir lumajang termasuk pada zona 2.

3. Variabel Terikat

Variabel terikat merupakan variabel yang dipengaruhi atau menjadi akibat, karena adanya variabel bebas (Sugiyono, 2010). Variabel bebas dalam penelitian ini adalah besarnya kuat tekan, penyerapan air, dan keausan pada masing-masing komposisi campuran *paving block*.

Diagram Alir Penelitian





Gambar 2. Diagram Alir

Pengujian

Pengujian kuat tekan, penyerapan air dan keausan pada *paving block* pada umur 28. Pengujian *paving block* berdasarkan SNI 03-0691-1996.

a. Uji Kuat Tekan

Peneliti mengambil benda uji kemudian masing-masing benda uji dipotong menjadi dua bagian. Benda uji yang telah siap, ditekan hingga hancur dengan mesin penekan yang dapat diatur kecepatannya. Kecepatan penekanan dari mulai pemberian beban sampai benda uji hancur, diatur dalam waktu 1 sampai 2 menit. Arah penekanan pada benda uji disesuaikan dengan arah tekanan beban didalam pemakaiannya. Menghitung nilai kuat tekan dengan menggunakan rumus kuat tekan. Kuat tekan rata-rata dari *paving block* dihitung dari jumlah kuat tekan dibagi jumlah benda uji.

b. Uji Penyerapan Air

Peneliti mengambil benda uji dalam keadaan utuh, kemudian direndam dalam air hingga jenuh (24 jam), ditimbang beratnya dalam keadaan basah. Selanjutnya dikeringkan dalam oven selama kurang lebih 24 jam, pada suhu kurang lebih 105°C sampai beratnya pada dua kali penimbangan berselisih tidak lebih dari 0,2% penimbangan yang terdahulu. Penyerapan air dihitung dengan menggunakan rumus daya serap air pada *paving block* dan mendapatkan nilai berapa persen penyerapan air dari *paving block* tersebut.

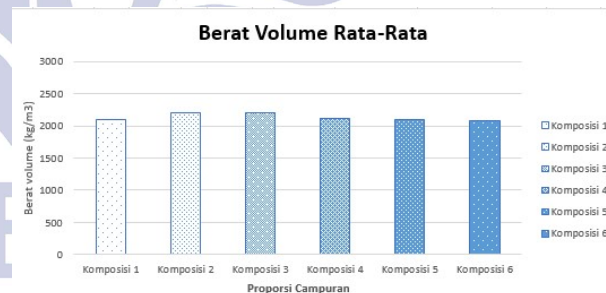
c. Uji Keausan

Peneliti memotong *paving block* menjadi dua bagian dan mengukur ketebalan *paving block* tersebut dengan menggunakan jangka sorong dan mencatat hasilnya. Selanjutnya memasang grindas amplas pada ujung mata bor duduk. Dalam penelitian ini, amplas

yang digunakan adalah amplas No. 500. Lalu menggosok permukaan *paving block* dengan menggunakan alat bor duduk yang pada ujung mata bornya diganti dengan grindas amplas selama 1 menit. Kemudian mengukur kembali ketebalan paving yang telah digosok dengan menggunakan alat jangka sorong, kemudian mencatatnya. Hasil dari pengurangan tebal *paving block* sebelum dilakukan proses keausan dengan tebal *paving block* setelah dilakukan keausan merupakan hasil dari uji keausan benda uji tersebut.

Hasil Penelitian dan Pembahasan

Pengujian mutu *paving block* dilakukan setelah pembuatan benda uji sesuai komposisi yang ditentukan, meliputi kuat tekan, penyerapan air, dan keausan. Pengaruh substiusi *fly ash* tidak hanya dapat diketahui secara bentuk fisik maupun pengujian sesuai dengan SNI 03-0691-1996, akan tetapi dapat diketahui melalui berat volume *paving block*. Berat volume dapat diketahui dari nilai berat pada setiap volumenya, yaitu dengan membagi berat dengan volume *paving block*. Berikut adalah berat volume rata-rata *paving block* dengan campuran Komposisi yang menggunakan limbah marmer dan *fly ash* sebagai pengganti semen sesuai proporsi yang ditentukan, dapat dilihat pada dalam bentuk diagram seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Berat Volume Rata-rata

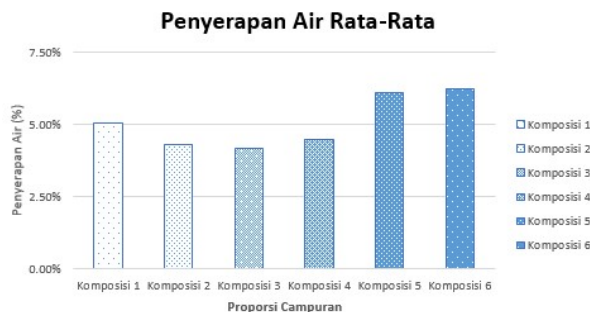
Diagram di atas menunjukkan berat volume rata-rata pada setiap komposisi. Komposisi 1 dengan proporsi campuran 1 bahan pengikat dibanding 3 pasir. Bahan pengikat terdiri campuran 0,85 semen dan 0,15 limbah marmer. Komposisi 1 memiliki berat volume sebesar 2097 kg/m³. Komposisi 2 dengan proporsi campuran 0,95 bahan pengikat : 0,15 *fly ash* : 3 pasir. Komposisi 2 memiliki berat volume sebesar 2201 kg/m³. Komposisi 3 dengan proporsi campuran 0,90 bahan pengikat : 0,10 *fly ash* : 3 pasir. Komposisi 3 memiliki berat volume sebesar 2205 kg/m³. Komposisi 4 dengan proporsi campuran 0,85 bahan pengikat : 0,15 *fly ash* : 3 pasir. Komposisi 4 memiliki berat volume sebesar 2119 kg/m³. Komposisi 5

dengan proporsi campuran 0,80 bahan pengikat : 0,20 *fly ash* : 3 pasir. Komposisi 5 memiliki berat volume sebesar 2094 kg/m³. Komposisi 6 dengan proporsi campuran 0,75 bahan pengikat : 0,25 *fly ash* : 3 pasir. Komposisi 6 memiliki berat volume sebesar 2080 kg/m³.

Analisa ini menunjukkan bahwa berat volume *paving block* pada komposisi 2, 3 dan 4 berada di atas berat volume *paving block* komposisi 1 (kontrol) yaitu lebih besar dari 2097 kg/m³, sedangkan komposisi 5 dan 6 berada dibawah berat volume *paving block* kontrol yaitu lebih kecil dari 2097 kg/m³.

Uji Penyerapan Air

Pada uji penyerapan air benda uji *paving block* yang digunakan adalah paving dalam keadaan utuh yaitu dengan ukuran 21 cm x 10,5 cm x 6 cm. Pengujian dilakukan pada setiap komposisi, sebanyak 3 benda uji. Prosedur uji penyerapan air dilakukan dan disesuaikan dengan SNI 03-0691-1996. Hasil penelitian diperoleh dari pengujian benda uji dan dihitung dengan menggunakan rumus persamaan notasi (2.2). Data-data yang didapatkan dari hasil pengujian kemudian diolah dan diperoleh rata-rata dari nilai penyerapan. Hasil rata-rata yang diperoleh dari uji penyerapan air *paving block*, dapat dilihat pada Tabel 5 yang kemudian hasil tersebut digambarkan dalam bentuk diagram seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Penyerapan Air Rata-Rata

Diagram Gambar 4. menunjukkan penyerapan air rata-rata *paving block* pada setiap komposisi. Komposisi 1 (kontrol) dengan proporsi campuran 1 bahan pengikat dibanding 3 pasir memiliki penyerapan air sebesar 5,07%. Komposisi 2 dengan proporsi campuran 0,95 bahan pengikat : 0,15 *fly ash* : 3 pasir memiliki penyerapan air sebesar 4,33%. Komposisi 3 dengan proporsi campuran 0,90 bahan pengikat : 0,10 *fly ash* : 3 pasir memiliki penyerapan air sebesar 4,20%. Komposisi 4 dengan proporsi campuran 0,85 bahan pengikat : 0,15 *fly ash* : 3 pasir memiliki penyerapan air sebesar 4,49%. Komposisi 5 dengan proporsi campuran 0,80 bahan pengikat : 0,20 *fly ash* : 3 pasir memiliki penyerapan air sebesar 6,13%. Komposisi 6 dengan proporsi campuran 0,75 bahan

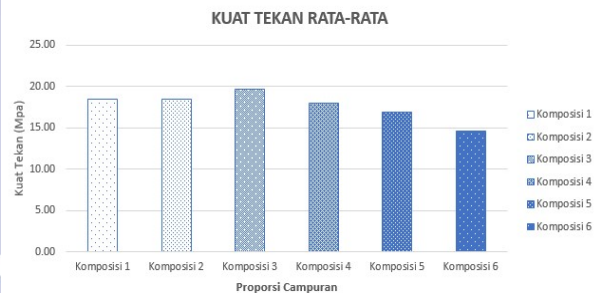
pengikat : 0,25 *fly ash* : 3 pasir memiliki penyerapan air sebesar 6,23%.

Penyerapan air rata-rata paling rendah adalah komposisi 2, sedangkan penyerapan air terbesar pada komposisi 6 dengan substitusi *fly ash* 25%.

Kuat Tekan

SNI 03-0691-1996 menyatakan bahwa syarat mutu *paving block* ditentukan oleh beberapa faktor. Salah satunya adalah kuat tekan. Uji kuat tekan bertujuan untuk mengetahui beban maksimum yang dapat ditampung oleh *paving block* persatuan luas.

Benda uji yang akan diberi perlakuan memiliki ukuran 21 cm x 10,5 cm x 6 cm yang kemudian dibagi 2 bagian sehingga menjadi 10,5 cm x 10,5 cm x 6 cm. Hasil penelitian akan didapatkan data penelitian kemudian dilakukan pengolahan data dan dihitung dengan menggunakan rumus notasi (2.1). Perhitungan dengan rumus tersebut dapat diambil rata-rata nilai kuat tekan dari setiap komposisi. Berikut adalah rata-rata hasil kuat tekan *paving block* yang diuji pada 28 hari, gambar diagram pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Kuat Tekan Rata-Rata

Hasil rata-rata pada gambar grafik menunjukkan pengaruh dari *fly ash* terhadap nilai kuat tekan *paving block*. Komposisi 1 (kontrol) memiliki nilai kuat tekan sebesar 18,52 MPa. Komposisi 2 dengan campuran 5% *fly ash* memiliki nilai kuat tekan sebesar 18,47 MPa. Komposisi 3 dengan substitusi *fly ash* sebanyak 10% diperoleh kuat tekan sebesar 19,67 MPa. Komposisi 4 dengan campuran *fly ash* 15% didapatkan kuat tekan sebesar 17,23 MPa. Komposisi 5 dengan campuran *fly ash* 20% diperoleh kuat tekan sebesar 16,93 MPa, dan komposisi 6 dengan campuran *fly ash* 25% diperoleh nilai kuat tekan sebesar 14,61 Mpa.

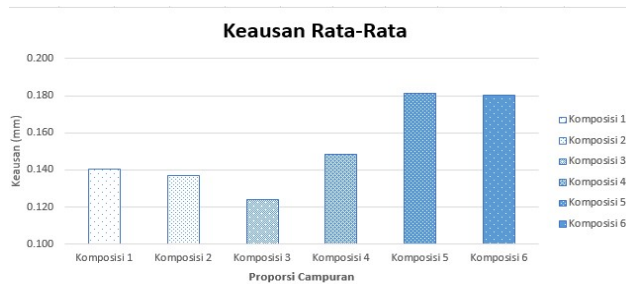
Seperti yang disebutkan sebelumnya bahwa proporsi penggunaan *fly ash* memiliki pengaruh terhadap nilai berat volume, kuat tekan, dan penyerapan air.

Kearifan

Uji keausan *paving block* dilakukan dengan menggunakan alat bor duduk dengan mata bor yang

diganti dengan grinda amplas. Pengujian tersebut dilakukan sesuai dengan SNI 03-6428-2000.

Benda uji yang akan digunakan dalam uji keausan adalah *paving block* utuh yang kemudian dipotong menjadi dua bagian. Sehingga ukurannya menjadi 10,5 c x 10,5 cm x 6 cm. Data-data yang diperoleh dari hasil uji keausan *paving block* pada umur 28 hari dianalisa dengan menggunakan rumus (2.3) sehingga diperoleh besarnya bagian paving yang aus dalam setiap menitnya, kemudian diambil nilai rata-rata dari masing-masing komposisi agar hasil tersebut lebih spesifik. Adapun nilai rata-rata keausan *paving block* pada umur 28 hari adalah sebagai berikut:



Gambar 6. Grafik Keausan Rata-Rata

Berdasarkan gambar 6. grafik rata-rata keausan pada *paving block* di atas bahwa komposisi 1 (kontrol) dengan bahan pengikat terdiri dari 0,85 semen : 0,15 limbah marmer memiliki keausan 0,140 mm/menit. Komposisi 2 dengan substitusi *fly ash* 5% memiliki keausan 0,137mm/menit. Komposisi 3 dengan substitusi *fly ash* 10% mendapatkan keausan 0,124mm/menit. Komposisi 4 dengan substitusi *fly ash* 15% memperoleh hasil 0,149 mm/menit. Komposisi 5 dengan substitusi *fly ash* 20% memperoleh hasil 0,182 mm/menit dan Komposisi 6 dengan substitusi *fly ash* 25% mendapatkan hasil 0,180 mm/menit. Keausan terendah dari diagram di atas, yaitu pada komposisi 3 dengan campuran *fly ash* 10% sebesar 0,124 mm/menit.

SIMPULAN

Dari hasil analisa pengujian yang telah dilakukan pada penelitian ini, dapat dijelaskan bahwa penggunaan *fly ash* memiliki pengaruh terhadap karakteristik mutu *paving block* sesuai dengan SNI 03-0691-1996. Dengan demikian dapat diambil simpulan, sebagai berikut:

1. Ditinjau dari kuat tekan, penggunaan substitusi *fly ash* pada proporsi campuran *paving block* mengalami peningkatan kuat tekan tertinggi pada komposisi 3 yaitu 19,69 MPa. Namun penggunaan substitusi *fly ash* diatas 10% (komposisi 4, 5 dan 6) mengalami penurunan dibanding komposisi 1 (kontrol).
2. Ditinjau dari penyerapan air, penggunaan substitusi *fly ash* menunjukkan pada komposisi 2, komposisi 3 dan komposisi 4 mengalami penurunan penyerapan air,

sedangkan pada komposisi 4 dan komposisi 5 nilai penyerapan air lebih besar dibanding dengan campuran komposisi 1 sebagai kontrol. Paving block komposisi 3 memiliki penyerapan paling rendah yaitu 4,20%.

3. Ditinjau dari nilai keausan, penggunaan substitusi *fly ash* menunjukkan adanya peningkatan dan penurunan nilai keausan. Pada komposisi 2 dan 3 mengalami penurunan tingkat keausan. Keausan terendah pada komposisi 2 dengan penggunaan substitusi *fly ash* sebesar 10% yaitu 0,124 mm/menit, Sedangkan pada komposisi mengalami peningkatan pada komposisi 4, 5, dan 6 dibanding dengan komposisi 1 sebagai kontrol. hingga nilai keausan 0,132 mm/menit pada komposisi 5.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonimous. 1971. **Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI 1971)**. Bandung: Departemen Pekerjaan Umum Dan Tenaga Listrik.
- Anonimous. 1996. **SNI 03-0691-1996 Tentang Bata Beton (Paving Block)**. Bandung: Badan Standardisasi Nasional.
- Anonimous. 2004. **SNI 15-2049-2004 Tentang Semen Portland**. Bandung: Badan Standardisasi Nasional.
- Ferriyal. 2005. **Pemanfaatan Bubuk Marmer Hasil Olahan Industri Batu Marmer untuk Bahan Campuran Pembuatan Paving Block Sebagai Upaya Minimisasi Limbah**. Program Magister Ilmu Lingkungan. Tesis. Semarang : Universitas Diponegoro.
- Fitriana, Resti dkk. 2016. **Pengaruh Penggantian Sebagian Semen Dengan Fly Ash Dan Kapur Terhadap Kuat Tekan Paving Block**. Simposium Nasional Teknologi Terapan (SNTT) 4 2016
- Herman, Danny Z.. 2005. **Kegiatan Pemantauan dan Evaluasi Konservasi Sumber Daya Mineral Di Daerah Kabupaten Tulungagung, Provinsi Jatim**. Kolokium Hasil Lapangan, DIM.
- Natch Sachdeva, Som dkk. 2014. **High Volume Fly Ash Concrete for Paver Blocks**. International Journal of Civil, Environmental, Structural, Construction and Architectural Engginering, Vol:8, No.3.
- Nawy, Edward G. 1998. **Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar**. Terjemahan Bambang Suryoatmono. Bandung : PT. Refika Aditama.
- Safitri, Endah dan Djumari. 2009. **Kajian Teknis dan Ekonomis Pemanfaatan Limbah Batu Bara (Fly Ash) pada Produksi Paving Block**. Media Teknik Sipil, Volume IX, Hal. 36-40.
- Sriutami. 2010. **Pemanfaatan Limbah Marmer Untuk Pembuatan Paving Block**. Neutron, Vol. 10, No.2: hal 54-59
- Sugiyono. 2010. **Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif Dan R&D**. Bandung : CV. ALFABETA.